



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Rodes-Dager, María Teresa; Vidaud-Quintana, Ingrid Noelia;
Calderin-Mestre, Francisco; Álvarez-Deulofeu, Eduardo
Vulnerabilidad inducida en edificios de viviendas con muros de carga y tecnologías de encofrados Forsa
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 3, 2018, Julio-Septiembre 2019, pp. 76-93
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358468006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

VULNERABILIDAD INDUCIDA EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS CON MUROS DE CARGA Y TECNOLOGÍAS DE ENCOFRADOS FORSA

INDUCED VULNERABILITY IN BUILDING OF HOUSINGS WITH LOAD'S WALL AND FORSA FORMWORK TECHNOLOGY

Autores:

María Teresa Rodes-Dager, marite@emproy15.co.cu. Empresa de Proyectos
15 EMPROY 15. Teléfonos 22642889/22640561. Santiago de Cuba, Cuba.

Ingrid Noelia Vidaud-Quintana, ingrid@uo.edu.cu¹

Francisco Calderin-Mestre, calderin@uo.edu.cu¹

Eduardo Álvarez-Deulofeu, ealvarez@uo.edu.cu¹

¹Universidad de Oriente. Teléfono: 22601265. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

La construcción de viviendas de interés social con fines de sostenibilidad y prevención de desastres constituye una de las prioridades del gobierno cubano. Los edificios de muros de carga de hasta 5 niveles con tecnologías de encofrados Forsa resultan una importante alternativa. Son estructuras diseñadas bajo criterios sismorresistentes, y sobre la base de criterios socio-funcionales-ambientales y requisitos técnico-constructivos; haciendo uso del análisis dinámico lineal y con la aplicación del método del espectro de respuesta. En esta investigación se valora el impacto de algunas prácticas inadecuadas en la ejecución de estas estructuras en Santiago de Cuba, que sugieren la existencia de incertidumbres en su comportamiento estructural sismorresistente. A través del control de autor se realiza una valoración detallada de estas prácticas, para direccionar la toma de decisiones hacia la reducción de la agresividad inducida al medio ambiente; tomando como punto de partida el comprometimiento de la seguridad estructural y la protección de la vida.

Palabras clave: muros de carga, tecnología encofrados Forsa, comportamiento estructural sismorresistente, vulnerabilidad inducida.

ABSTRACT

The construction of social housing for the purpose of sustainability and disaster prevention is one of the priorities of the Cuban government. The buildings of shear-bearing walls up to 5 levels with Forsa formwork technologies are designed under seismic criteria, and on the basis of socio-functional-environmental criteria and technical-constructive requisites; making use of linear dynamic analysis, through the application of the response spectrum method. This article is about to evaluate the bad practices impact in the control of the execution of works in Santiago of Cuba that establish the uncertainty will be evaluated of the structural seismic behavior before. It through the control are carried out a detailed valuation of these principal limitations proposing an adequate taking of decisions in order to avoid the aggressiveness induced to the environment; starting from the structural security and the life preservation.

Key words: load walls, Forsa formwork technology, structural seismic behavior, induced vulnerability.

INTRODUCCIÓN

El diseño estructural y el proceso de ejecución cobran igual nivel de importancia, sobre la base de que la aparición de las patologías en edificaciones, ya sea de forma inmediata a su ejecución o años posteriores, siempre es debido a la actuación de uno o varios factores.

En el estudio de las patologías de las estructuras y de la ciencia de los materiales se ha comprobado que muchas edificaciones entre 20 y 50 años de servicio en ambientes agresivos mantienen un comportamiento satisfactorio; sin embargo, otras muestran deterioros importantes mucho antes de terminar su vida útil (Tejera, 2005, p. 3). Este hecho evidencia que para ingenieros y arquitectos, ya sean proyectistas, contratistas, inversionistas o constructores, es de extrema importancia el control de la ejecución de obras como secuencia o fin de un adecuado diseño.

Una de las prioridades que hoy defiende el gobierno cubano se encamina directamente al fomento del sector habitacional en zonas propensas a desastres. La construcción de viviendas de interés social con fines de sostenibilidad y prevención de desastres es uno de estos mayores retos; una importante alternativa se concentra en el uso de la tecnología Forsa. Los edificios de muros de carga de hasta 5 niveles con tecnologías de encofrados Forsa se consideran una manera más de edificar en Santiago de Cuba, en pequeñas urbanizaciones insertadas en la trama urbana y suburbana.

A nivel internacional y especialmente en América Latina se han ejecutado edificaciones de muros de carga de hasta 20 niveles y con diferentes espesores de muros, con diversidad de criterios de diseño estructural sismorresistente. En Cuba, si bien se ha trabajado en el tema, aún resulta insuficiente la información para acometer proyectos de este tipo, ya sea con el empleo de la norma cubana NC 46: 2017. Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción.

Santiago de Cuba es una ciudad ubicada en la región sur-oriental del país, asentada en la zona de contacto de las placas de Norteamérica y del Caribe, conocida como Sistema Bartlett–Caimán o falla Oriente (Álvarez, Ruiz y Calderin, 2016); razón por la que se considera como la de mayor peligro sísmico del territorio nacional (Chuy, 2000). Hoy se ejecutan en esta ciudad edificios de viviendas con interés social en varios asentamientos, con tecnología de muros de carga de hasta 5 niveles y con muros de 10 cm de espesor.

A pesar de la importancia de estos proyectos, se han evidenciado determinadas limitaciones en el control a la ejecución de edificios multifamiliares con tecnología de encofrados Forsa y criterios sismorresistentes en Santiago de Cuba. Este hecho genera incertidumbres en su comportamiento estructural ante la ocurrencia de eventos sísmicos en la región, lo que podría significar una importante agresividad al medioambiente y el comprometimiento de la vida de las personas que los habitan.

METODOLOGÍA

Este artículo tiene como propósito fundamental evidenciar la importancia del control de calidad en la ejecución, a partir de la valoración de determinadas irregularidades detectadas en la construcción de edificios de muros de carga de hasta 5 niveles con tecnologías de encofrados Forsa, que pueden propiciar la aparición de vulnerabilidades inducidas en estas edificaciones. Los autores fundamentan los principales resultados en la documentación de proyecto y los criterios de diseño establecidos en la normativa vigente para estos edificios de viviendas de interés social.

Se entiende el control de calidad como el conjunto de acciones y decisiones que se toman bien para cumplir las especificaciones, o bien para comprobar que estas hayan sido cumplidas (Jiménez, García y Morán, 2000). Para alcanzar el objetivo propuesto los autores se basaron, además, en los Informes de control de autor realizados en las obras desde el año 2013 hasta hoy, ejercicio que realizan los

proyectistas en revisión de una obra y que contienen la situación técnica de la obra en el momento de la visita.

Otros métodos de investigación científica también soportan los principales aportes de esta investigación, entre los que pueden citarse: el método histórico-lógico, que permite la valoración del desarrollo de esta tecnología hoy en Cuba; así como los métodos hipotético-deductivo e inducción-deducción, que posibilitan la inferencia de ideas científicas a partir de hechos o fenómenos detectados durante la indagación.

En principio se discurre por una breve caracterización de la tecnología de encofrados Forsa. Posteriormente se refieren los criterios de diseño estructural sismorresistente y los requisitos tecnológicos para la ejecución de edificios multifamiliares con el empleo de esta tecnología. Por último, se evidencian las irregularidades detectadas en el proceso constructivo, con referencia a las vulnerabilidades inducidas que pueden propiciarse en estas edificaciones, así como la manera en que estas pueden ser resueltas.

El principal aporte de esta investigación se ubica en una aproximación a la importancia del control de calidad en la ejecución de obras, sobre la base de las limitaciones que por diversa índole pueden presentarse en la construcción de edificios de muros de carga con tecnología Forsa. El ofrecer soluciones a estas limitaciones descansa en el medio para la reducción de las vulnerabilidades inducidas. Solo de esta manera se entregarían edificios de muros de carga con el empleo de esta tecnología, diseñados bajo criterios sismorresistentes, que pueden ser habitados a partir de requisitos de respeto al medioambiente y seguridad de sus habitantes.

RESULTADOS

Breve referencia al empleo de la tecnología Forsa en Santiago de Cuba

La tecnología constructiva Forsa responde a un sistema de encofrados de aluminio que se reconoce en la literatura especializada como uno de los más versátiles del mercado. Cuenta con una vida útil de 1500 usos y tiene la posibilidad de operación y transporte manual, sin hacer uso de equipamiento, por su diseño y configuración.

Esta tecnología responde a una solución que garantiza los vaciados monolíticos de todos los elementos verticales y horizontales, reduciendo a una sola etapa la construcción de la estructura de cualquier edificación, desde viviendas de uno o más niveles, hasta edificios de más de 20 plantas, sea cual sea su destino final: viviendas, hospitales, hoteles, penitenciarías, entre otros.

Los principales núcleos poblacionales contruidos con esta tecnología en Santiago de Cuba se ubican en el Centro Urbano Abel Santamaría (Micro III y II) con edificios habitados donados por la República Bolivariana de Venezuela y la República del Ecuador, posterior al año 2012 y luego del paso de huracán Sandy. También pueden encontrarse estos prototipos en el Distrito José Martí (Micro IX) con la variante donada por la República Bolivariana de Venezuela.

En el año 2016, por decisión del gobierno, se compraron sistemas de molde Forsa con zonificación arquitectónica y diseño estructural realizados en Cuba. Estos edificios de hasta 5 niveles se encuentran ubicados en la zona de San Pedrito, Avenida Crombet, y han sido insertados en diferentes parcelas de la ciudad de Santiago de Cuba.

Investigaciones realizadas por expertos de diferentes países (Granados y López, 2012), ya sea en el diseño o en la ejecución de obras, demuestran que un adecuado criterio de zonificación arquitectónica y una acertada ubicación de muros en planta y elevación son requisitos de obligatorio cumplimiento para lograr el diseño proporcionado en zonas de elevado peligro sísmico. Se hace preciso

entonces un conocimiento detallado de estos aspectos, siempre que se presente la necesidad de una valoración de este tipo con criterios sismorresistentes.

**Criterios de diseño estructural sismorresistente y requisitos tecnológicos
para la ejecución de edificios multifamiliares de hasta 5 niveles con
tecnología Forsa**

A continuación, se relacionan los principales criterios de adecuación de espacios, geometría, rigidez, acoplamiento entre muros y forma de armado del refuerzo de los muros que se deben tener en cuenta para el diseño de estas estructuras en zonas de elevado peligro sísmico.

En principio, los locales o espacios han de estar comprendidos por muros, y estos no tendrán una longitud mayor que 35 veces el espesor del muro, o tener un muro conectado en la dirección perpendicular al muro analizado. Incumplir esta restricción puede ocasionar importantes fisuras en los elementos de cierre.

La geometría de la planta respecto a las dos direcciones ortogonales de la edificación debe ser simétrica, no debe poseer entrantes y salientes equivalentes en el sentido transversal o longitudinal mayor o igual que el 20 % de la longitud analizada. La relación largo/ancho de la planta tiene que ser menor o igual a 3. La altura del edificio entre la dimensión menor de la base debe ser menor o igual a 4. En ese mismo orden se requiere que la edificación no debe tener pisos débiles ni diferente rigidez por niveles, de forma que debe de coincidir o estar muy cercano el centro de masas con el centro de rigidez, en todos los niveles (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2017).

Asimismo, las áreas de muros en planta deben ser mayor o igual al 5.5 % del área total de la planta (Granados y López, 2012). Todos los muros, necesiten o no por cálculo, deben llevar un refuerzo por especificaciones en los bordes. Las zonas de los vanos de ventanas se deben tratar como juntas. Se precisa este requisito para que estén separados los refuerzos, de modo que durante un sismo no provoquen

una sobretensión por diferencia de rigidez del muro en la zona de las aberturas e induzcan a un fallo local.

Todos los muros de la estructura deberán estar conectados con vigas de acople. De esta manera las losas de entrepiso y cubierta forman un disco rígido capaz de mantener a todos los muros conectados, que en el análisis estructural se tienen en cuenta como diafragmas de rigidez (Delgado y Peña, 2006). Para estos tipos de estructura suele considerarse la solución de cimentación como una losa o balsa calada, de espesor constante o T invertida; según lo permitan las condiciones de suelos.

Por otra parte, las soluciones arquitectónicas por niveles del edificio tienen que ser iguales, de la misma manera en que los puntales de piso a piso terminado deben ser constantes en elevación (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2017). La altura libre de muros utilizada en estos proyectos es de 2.50 m, con espesores de losas de entrepisos y cubierta de 0.12 m y puntal de piso a piso terminado de 2.62 m.

Una vez concebida la variante se realiza entonces el diseño estructural. Una herramienta de cálculo con excelentes prestaciones en este sentido es el ETABS 13 (*Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*) de la familia SAP 2000, donde se calculan los muros de carga y demás elementos de la edificación.

Irregularidades detectadas en el Control de autor durante el proceso de ejecución de los edificios multifamiliares con tecnología Forsa en Santiago de Cuba

Se parte en este análisis de la premisa de que las prácticas inadecuadas detectadas en el proceso de ejecución de obras pueden conducir a certificar una deficiente ejecución como algo auténtico y no como una irregularidad. En este sentido debe tenerse en consideración que cada edificio mutilado en su ejecución se pierde dos veces; primero, el diseño de una estructura sismorresistente, lo que implica un aumento en el presupuesto referente a un mismo inmueble en zona de

baja sismicidad; segundo, la edificación dañada en el proceso de ejecución, quedando la incertidumbre de su comportamiento.

A continuación, se hace referencia a estas prácticas detectadas en la ejecución, que sin dudas afectan la vida útil de estas edificaciones que se construyen en zonas de muy alto peligro sísmico, como es la ciudad de Santiago de Cuba.

- Referente a la losa maciza o calada de cimentación y los niveles de desplante.

En las urbanizaciones que se requiere un terraplén tecnificado para alcanzar determinados niveles de terreno es muy importante el rigor en el establecimiento del nivel de desplante. En ocasiones, se ha presentado en las urbanizaciones visitadas el incumplimiento del nivel de desplante establecido por el proyectista, pues se excava a mayor profundidad que la que exige el peralte de la losa de cimentación. Es esta la razón que propicia que el espesor de la losa, lejos de mantenerse constante, tienda a ser variable y diferente al que se establece en el proyecto.

No garantizar con rigor los niveles de desplante establecidos por proyecto para los edificios puede constituirse también en un grave problema ambiental. El aumento o disminución de estos niveles de las edificaciones en urbanizaciones repercute en las polirredes que forman las aguas blancas y negras, las tuberías de electricidad y las de telefonía. Esta alteración del desplante redundaría en los niveles altimétricos y las necesarias pendientes que requieren las tuberías de drenaje para la entrega correcta de los residuos a los registros del conjunto urbano o la integración a la red existente, cuyo propósito fundamental es evitar que se presenten con el tiempo obstrucciones indeseables que dañen la salud y el medioambiente.

- Referente al armado del refuerzo de las vigas y balsa de cimentación.

Con marcada frecuencia se presenta también en estas urbanizaciones el incumplimiento del cierre del refuerzo transversal de las vigas de cimentación, el mismo que establece la normativa ha de cerrarse con un doblez de 135° hacia el

interior de la masa de hormigón, requerimiento indispensable para un correcto armado del refuerzo en zonas de elevado peligro sísmico.

Los cercos (refuerzo transversal) constituyen el anillo de cierre, encargados de sustentar el refuerzo longitudinal del elemento estructural. Ante acciones sísmicas de gran intensidad, este refuerzo (longitudinal y transversal) contiene en su interior el hormigón disgregado, pero confinado por el armado del refuerzo; lo cual evita el salto explosivo de la masa de hormigón cuarteada y disgregada, que puede conducir al fallo de las edificaciones y a la pérdida de bienes materiales y vidas humanas.

Asimismo, también se han detectado determinadas irregularidades en la balsa o losa de cimentación. En este sentido, los aceros de refuerzo de anclaje de los muros del primer nivel, en ocasiones, han quedado desplazados respecto al eje del muro (ver fotografía en Figura 1), obligando a realizar trabajos de reparaciones que conspiran contra el diseño estructural y reparto de tensiones, además de las dificultades en el armado de los muros y la posterior colocación de las formaletas de encofrado.



Figura 1. Desplazamiento del acero de refuerzo de la cimentación para el anclaje de los muros

Fuente: Rodes, 2014

- Referente a las condiciones de almacenamiento de las mallas de refuerzo y su colocación.

En la memoria escrita de los proyectos se ofrecen orientaciones precisas para el almacenaje de las mallas electrosoldadas. Se trata de un refuerzo que debe acomodarse levantado del piso o la tierra. También se hace referencia a la estricta vigilancia sobre el grado de oxidación que estas mallas puedan presentar, se orientan las medidas que deben tomarse cuando se presente este fenómeno, siempre esclareciendo que se prohíbe su colocación con algún grado de oxidación. En la Figura 2 se muestran dos instantáneas que evidencian algunas irregularidades en este aspecto, no solo se verifican condiciones adversas para el almacenamiento de las mallas electrosoldadas (Figura 2a), sino también un consecuente e importante grado de oxidación en estas (Figura 2b).



a) almacenamiento inadecuado



b) mallas con algún grado de oxidación

Figura 2. Irregularidades en el almacenamiento de las mallas electrosoldadas
Fuente: Rodes, 2016

Colocar mallas electrosoldadas oxidadas en los muros traerá consigo, con el tiempo, el inicio y desarrollo del proceso de oxidación de las armaduras, la pérdida de su sección transversal; así como importantes desconches y pérdida de la capacidad portante de los muros, indeseables patologías para todo tipo de edificaciones.

Asimismo, estas mallas forman parte del refuerzo de los muros y losas y deben ser elaboradas según las orientaciones de solape indicadas en la documentación gráfica del proyecto. Con frecuencia también se ha presentado alterada en estas urbanizaciones su correcta colocación y solape entre los diferentes paños que conforman la superficie de los muros o losas. Esta irregularidad se ha verificado fundamentalmente cuando ha sido necesario colocar más de un tramo entre estas.

- Referente al armado del refuerzo en los entrepisos y conexión con los muros.

Determinadas irregularidades también han sido detectadas en los refuerzos de entrepisos y conexión con los muros. En los niveles de entrepiso es incorrecto cortar o interrumpir la continuidad de los aceros verticales de los muros por la comodidad que sugiere el armado del refuerzo de esta zona. Esta afectación

puede conducir a un fallo abrupto del muro afectado ante la acción de un sismo con aceleraciones de 0.3 g.

De igual forma, en el armado de la losa de entrepiso la distribución de las mallas superiores e inferiores debe ejecutarse por paños de mallas y luego situar el refuerzo adicional de conexión entre los paños, sin dejar de colocar las mallas superiores de la losa de entrepiso.

La acción de no apoyar total o parcialmente el refuerzo de las mallas de las losas de entrepisos en los muros y vigas de borde, según las indicaciones de los proyectos, puede ocasionar, sin dudas, un fallo local de la edificación.

- Referente al armado del refuerzo de los muros y vigas de acople.

El armado del refuerzo de los muros se compone de dos refuerzos: el refuerzo de la malla electrosoldada y el de los extremos de los muros o la intercepción de ellos, a los que se les denomina núcleos.

Para un correcto armado de estos elementos debe respetarse el espaciamiento de los aceros horizontales y comenzar el armado a 5 cm de la losa de entrepiso o de cimentación, hecho que en ocasiones se ha incumplido en estos asentamientos. En estos casos se presentan separaciones de hasta 40 cm, de la misma manera en que se han dejado de colocar también algunas de las marcas del refuerzo en los núcleos.

La continuidad de los aceros de refuerzo de los muros, ya sea en la malla electrosoldada o aceros G-40, desde la cimentación hasta el último nivel, tiene como propósito fundamental el de garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos. Asimismo, las vigas de acople son las encargadas de conectar los muros a nivel de la altura de puertas y ventanas, constituyendo un elemento actuante en la conexión de rigidez de muros y losas de entrepiso. El correcto armado del refuerzo y espaciamiento entre los mismos aplican entonces sobre una adecuada transmisión de las tensiones que se originan a este nivel.

- Referente a la colocación de las formaleas de encofrado y la coincidencia de las corbatas de cierre y las mallas de refuerzo.

Las corbatas son los elementos de unión de los sistemas de encofrados o formaletas y atraviesan el espesor del muro, quedando embebidas dentro de una funda de material poliestireno que permite, luego de retirado el encofrado del sistema, extraer dicho elemento de cierre. Es práctica habitual en algunos países crear una plantilla que registre la ubicación de las corbatas, tanto horizontal como vertical, para que no se tengan que cortar las mallas electrosoldadas por la coincidencia de los aceros verticales u horizontales con las corbatas de unión de las formaletas de los encofrados.

En las obras visitadas, con frecuencia no se realiza de esta forma. Como primer paso se realiza el armado del muro y luego comienza el proceso de colocación del sistema de encofrado, y si existe coincidencia entre las corbatas y el refuerzo, se procede a cortar el refuerzo de los muros.

Se orienta en el ejercicio de los controles a obras por los proyectistas, que si necesariamente tienen que cortar deben colocar recortes de mallas para ofrecer continuidad al refuerzo (fotografía en Figura 3); aspecto que debe ser valuado de forma estricta para que se logre una adecuada transmisión de los esfuerzos del muro.

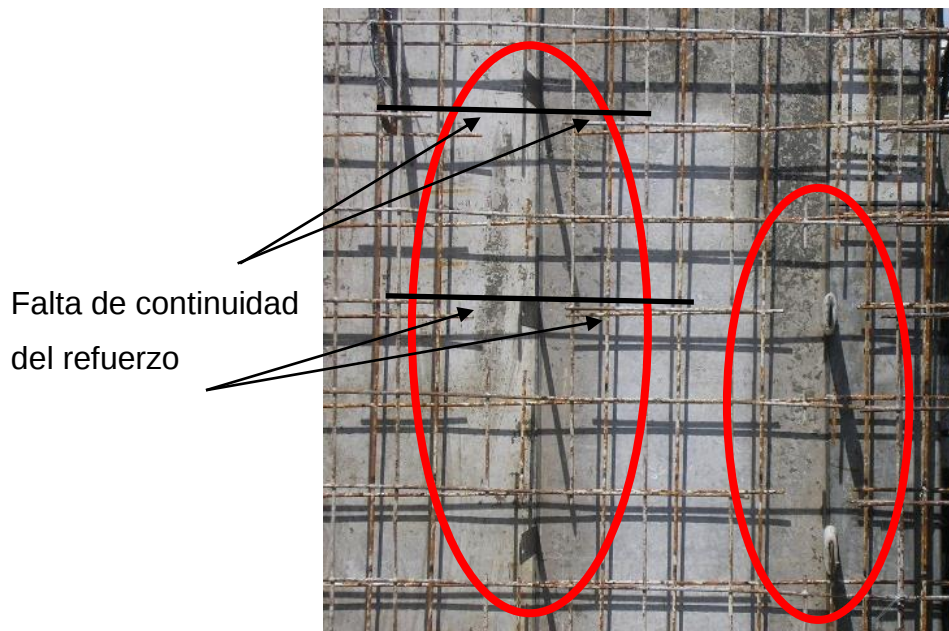


Figura 3. Detalle del refuerzo en los muros y encofrado.

Fuente: Rodes, 2015

- Referente al control de la calidad en la organización del proceso de hormigonado *in situ*.

Para una edificación de muros de cargas, donde los elementos verticales fundamentales son los muros encargados de transmitir las cargas de la edificación desde la cubierta hasta la cimentación, y ser portantes y resistentes ante la actuación de un sismo de aceleraciones de hasta 0.3 g, el control de calidad del hormigonado de estos elementos estructurales no debe mostrar imperfecciones.

Una de las irregularidades presentes en estas obras hace referencia a la presencia de juntas de hormigonado tanto en las balsas de cimentación como en los muros. Determinadas limitaciones en la organización de este proceso para la elaboración del hormigón premezclado, unido a interrupciones en la planta por roturas tecnológicas, son algunas de las condicionantes de este indeseable fenómeno.

Es importante no perder de vista que el control del hormigonado va más allá del vertimiento del material o su puesta en obra en el elemento estructural, es el arte de mezclar los materiales exactos y el diseño de la unión de sus componentes sin la adición excesiva de agua y con los aditivos requeridos. Se organiza el vertido o colocación siguiendo la lógica del orden de los muros, con la compactación y curado correctos, un cuidadoso desencofre y una adecuada toma de muestra de los valores de resistencias exigidos en los proyectos.

- Referente al control de calidad del hormigón premezclado.

La resistencia del hormigón establecida para estos proyectos es de 25 MPa, valor que responde al diseño estructural sismorresistente y a los requisitos establecidos por la NC 250:2005. Como es habitual, se efectúa la toma de muestras al hormigón durante el vertido del material en obra, toma de muestras que se realiza a los 7,14 y 28 días en laboratorios especializados. Como resultado de estos ensayos, en ocasiones se presentaron caídas de resistencias de hasta un 25 %,

hecho que siempre se ha de seguir cuidadosamente por proyectistas y constructores. Por cada valor deprimido de resistencia en estas edificaciones el proyectista valora entre el daño económico que provocan las demoliciones parciales o totales de algunos elementos estructurales en la construcción de la edificación y el impredecible desempeño de la edificación en su vida útil, por los diferentes grados de afectación inducidos.

En resumen, el estado cubano garantiza los recursos para que la ejecución de estas obras se realice en condiciones óptimas; sobre todo si se emplazan en zonas de elevado peligro sísmico. Garantizar una correcta ejecución es parte del cumplimiento de todos los actores del proceso inversionista, y donde el control de autor se constituye una garantía más de éxito.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación conduce a sus autores el planteamiento de los siguientes aspectos concluyentes:

- Se significa la importancia del ejercicio del control de autor y el necesario rigor del control de calidad en la ejecución de obras en todas las etapas del ciclo de vida de estos proyectos, considerando como aspecto fundamental que este ejercicio igualmente se desarrolle por terceras personas, con pleno conocimiento del proyecto y ajenas al proceso inversionista de la obra.
- Aspectos tales como el almacenamiento de las mallas electrosoldadas sobre terreno o elementos contaminantes, un deficiente armado (mallas electrosoldadas y aceros) de los muros, colocación en muros y entrepisos de mallas con cierto nivel de oxidación, creación de juntas en el proceso de vaciado del hormigón y bajas resistencias de los hormigones en muros y losas de entrepisos, entre otros problemas identificados, son los elementos que crean incertidumbre en el comportamiento estructural de estas edificaciones ubicadas en zonas de elevado peligro sísmico.

- Apoyado en criterios técnicos normativos y en las especificaciones de proyecto se realizaron valoraciones acerca de determinadas irregularidades en la construcción de edificios de muros de carga con tecnología Forsa en Santiago de Cuba, con la consecuente consideración de posibles acciones para su corrección.
- Se reconoce con este estudio que el rigor en el control de calidad en la ejecución de obras constituye una garantía del adecuado comportamiento estructural sismorresistente en zonas de elevado peligro sísmico, hecho que constituye una acción certera y respetuosa con el medioambiente, por un importante aumento de la seguridad de las personas que habitan estos inmuebles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, E., Ruiz, J. M. y Calderin, F., (2016). *Fundamentos de sismología para Ingenieros Civiles*. Tema de maestría ICZS, 2da edición. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.
- Chuy, T. (2000). *Sismos perceptibles, Peligro y Vulnerabilidad sísmica en Cuba*. La Habana: Editorial Academia.
- Delgado, R. y Peña, C. (2006). *Desempeño sismorresistente de muros de ductilidad limitada* (Tesis pregrado). Universidad Católica de Perú. Perú.
- Granados, R. y López, J. (2012) *Diseño de un edificio de muros de ductilidad limitada de cinco niveles* (Tesis pregrado). Universidad Católica de Perú. Perú.
- Jiménez Montoya, P., García Mesequer, A. y Morán Cabré, F. (2000). *Hormigón Armado* (14 ed.). Madrid, España.
- Manual de Construcción FORSA. (2016). Recuperado de <http://www.forsa.com.co>, 2016
- Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2017). *NC 46:2017: Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción*. La Habana, Cuba.

Tejera, P. (2005). *Durabilidad de las estructuras de hormigón armado. Manual para la protección y rehabilitación*. Proyecto Habana. Universidad de Alicante. Instituto Superior politécnico José Antonio Echavarría, La Habana.

Rodes. M. (2014). *Informes de Control de Autor*. Emproy 15. Santiago de Cuba, Cuba.

Rodes. M. (2015) *Informes de Control de Autor*. Emproy 15. Santiago de Cuba. Cuba.

Rodes. M. (2016) *Informes de Control de Autor*. Emproy 15. Santiago de Cuba. Cuba.

Recibido: octubre de 2017

Aprobado: febrero de 2018